Vol.11, No.1, Spring 2022, pp.1-16 ISSN (Print):2322-1682 ISSN (Online):2383-3076

Journal of Geography and Environmental Hazards

RESEARCH ARTICLE DOI: 10.22067/geoeh.2021.70140.1053 Open access

Tectonic and Erosion Analysis of Shahid Abbasspour Dam Catchment using Geomorphometric Techniques

Mehdi Mumipour [a*], Mahshid Moavi [b]

[a] *Assistant Professor in Geomorphology, Marine Geology Department, Marine Natural Resources Faculty, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran*
[b] *MSc in Geomorphology, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran*

Received: 29 April 2021 ***Revised: 17 May 2021*** ***Accepted: 20 June 2021***

Abstract

An assessment of tectonic activity, especially active tectonic movements and the resulting hazards, requires a thorough understanding of geomorphological processes. Many geomorphological features are very sensitive to active tectonic movements and change with them. The aim of this study was to use geomorphic indices, that is, basin asymmetry factor (AF), basin sinuosity index (S), basin shape index (BS), river longitudinal slope index (SL), bifurcation ratio (Rb), unevenness number (Rn), relative relief index (Bh), mountain front sinuosity (Smf), drainage density (Dd), hypsometry, drawing and analysis of erosion maps of formations, soils and land use to identify the relationship of tectonic activity with soil erosion in Karun catchment area (upstream of Shahid Abbaspour Dam). The results show that tectonic activity in erodible formations causes lateral erosion and as a result the soils are eroded, but in resistant formations the tectonic activity has low effect, so the soils are strong. Sub-channels often enter the main stream at an acute angle. Karun River in the study basin is spread on soft and erodible formations such as Gurpi, Pabdeh, Aghajari, Gachsaran and Mishan and flows with less intensity. In this case, the erosion in the river route is low. The most erosion is along the river in the center and southeast of the basin. The basin is hypsometrically balanced and the topographic and geomorphic appearance of the studied basin is affected by tectonic activities, which results in high elevation and sloping of basin. The streams flow is almost irregular. Sub-streams also often enter the main stream at an acute angle. The drainage density of the canals is low and the soil is highly permeable, covered with dense vegetation and coarse-grained drainage.

Keywords: Neotectonics, Erosion, Shahid Abbaspour Dam, Geomorphometric Indices

[*] Corresponding Author: Mehdi Mumipour E-mail: mumipur@kmsu.ac.ir Tel: +989166067076

How to cite this Article: Mumipour, M., & Moavi, M. (2022). Tectonic and Erosion Analysis of Shahid Abbasspour Dam Catchment using Geomorphometric Techniques. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 11(1), 1-16.
DOI: 10.22067/geoeh.2021.70140.1053

Geography and Environmental Hazards
Volume 11, Issue 1 - Number 41, Spring 2022
https://geoeh.um.ac.ir
https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.70140.1053

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال یازدهم، شمارۀ چهل و یکم، بهار ۱٤۰۱، صص ۱٦-۱

مقاله پژوهشی

تحلیل شرایط تکتونیک و فرسایش در حوضه سد شهید عباسپور با تکنیک‌های ژئومورفومتری

مهدی مومی پور[۱]– استادیار ژئومورفولوژی، گروه زمین‌شناسی دریا، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر،خرمشهر، ایران
مهشید معاوی– کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

تاریخ دریافت: ۱٤۰۰/۲/۹ تاریخ بازنگری: ۱٤۰۰/۲/۲۷ تاریخ تصویب: ۱٤۰۰/۳/۳۰

چکیده

ارزیابی کامل فعالیت‌های تکتونیکی و به‌خصوص حرکات تکتونیکی جوان و خطرات ناشی از آن نیاز به شناخت کامل فرایندهای ژئومورفولوژی دارد. بسیاری از عوارض ژئومورفولوژیکی در مقابل حرکات تکتونیکی فعال بسیار حساس هستند و همزمان با آن‌ها تغییر می‌کنند. هدف این پژوهش استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک (شاخص عدم تقارن حوضه (Af)، شاخص سینوسیته حوضه (S)، شاخص شکل حوضه (BS)، شاخص شیب طولی رودخانه (SL)، نسبت انشعاب (Rb)، عدد ناهمواری (Rn)، برجستگی نسبی حوضه (Bh)، پیچ‌وخم پیشانی کوهستانی (Smf)، تراکم زهکشی (Dd)، هیپسومتری)، رسم و تحلیل نقشه‌های فرسایش‌پذیری سازندها، خاک‌ها و کاربری اراضی برای آگاهی از رابطه فعالیت تکتونیکی با فرسایش خاک حوضه آبریز کارون (بالادست سد شهید عباسپور) است. نتایج نشان داده است که فعالیت‌های تکتونیکی در سازندهای فرسایش‌پذیر باعث فرسایش کناره‌ای شده و درنتیجه خاک‌ها فرسایش می‌یابند اما در سازندهای مقاوم فعالیت زمین‌ساختی اثر کمی گذاشته و خاک‌ها تقریباً مقاومت خود را دارند. آبراهه‌های فرعی نیز اغلب تحت زاویه حاده‌ای به جریان اصلی وارد می‌شوند. رودخانه کارون در حوضه موردمطالعه بر روی سازندهای نرم و فرسایش‌پذیر نظیر گورپی، پابده، آغاجاری، گچساران و میشان پهن شده و با شدت‌جریان کمتری جاری می‌گردد. در این حالت فرسایش در مسیر رودخانه کم‌تر بوده، اما فرسایش کناره‌ای غالب است بیشترین فرسایش کنار رودخانه‌ای در مرکز و جنوب

---

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱٦٦۰٦۷۰۷٦ Email: mumipur@kmsu.ac.ir

نحوه ارجاع به این مقاله :

مومی پور, مهدی, معاوی, مهشید. (۱٤۰۱). تحلیل شرایط تکتونیک و فرسایش در حوضه سد شهید عباسپور با تکنیک‌های ژئومورفومتری. جغرافیا و مخاطرات محیطی.۱۱(۱). صص ۱٦-۱

https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.70140.1053

شرق حوضه است. حوضه از نظر هیپسومتری متعادل بوده و سیمای توپوگرافیک و ژئومورفیک حوضه موردمطالعه از فعالیت‌های تکتونیک متأثر است که نتیجه آن پستی‌وبلندی زیاد و کج‌شدگی حوضه است.

کلیدواژه‌ها: نئوتکتونیک، فرسایش، سد شهید عباسپور، شاخص‌های ژئومورفومتری.

۱- مقدمه

عواملی مانند سازندهای سست، فعالیت تکتونیک، توپوگرافی خشن و اختلاف ارتفاع‌های زیاد مناطق کوهستانی مرتفع با مناطق کم‌ارتفاع‌تر، چرای مفرط و کاهش پوشش‌گیاهی، تخریب جنگل‌های برای ایجاد مزارع، ساخت جاده‌ها، شخم زنی‌های نامناسب و نادرست، بهره‌برداری بیش‌ازحد کشاورزان منطقه از توان خاک برای کشاورزی، زمینه فرسایش خاک را فراهم می‌نمایند (مددی و نیک پور، ۱۳۹۲). همچنین آب‌وهوا یکی از مهم‌ترین عوامل به وجود آورندهٔ فرسایش آبی هر منطقه که روی دیدهٔ خاک‌زایی و هم روی وضع پوشش گیاهی آن منطقه تأثیر دارد (مددی و نیک پور، ۱۳۹۲). به‌طوری‌که شکل‌گیری و تکامل شبکه آبراهه‌ها تحت تأثیر پارامترهایی مانند اقلیم، فرسایش و فعالیت‌های تکتونیکی است و تحلیل یک شبکه زهکشی در پاسخ به فرآیندهایی است که روند تغییر شکل گذشته و اخیر حوضه را توجیه می‌کند (علمی‌زاده و معاوی، ۱۳۹۹). ازآنجاکه شاخص‌های ژئومورفیک یک طبقه‌بندی نسبی از تکتونیک ارائه می‌دهند. برای مطالعه و بررسی میزان تأثیر تکتونیک در منطقه مفید هستند. وقتی چندین شاخص ژئومورفیکی در یک ناحیه خاص استفاده می‌شود نتایج با معناتر و مستندتر خواهد بود (مقصودی و همکاران، ۱۳۹٦). این شاخص‌ها یکی از ابزارهای اساسی برای پی‌بردن به وضعیت و میزان تأثیر فعالیت‌های نئوتکتونیکی در سطح زمین هستند (رامشت و همکاران، ۱۳۹۱).

ارزیابی کامل فعالیت‌های تکتونیکی و به‌خصوص حرکات تکتونیکی معاصر و جوان و خطرات ناشی از آن نیاز به شناخت کامل از سرعت و آرایش فرایندهای ژئومورفولوژی دارد. برای این منظور روش‌های ژئومورفولوژی نقش مهمی را ایفا می‌نمایند، زیرا بسیاری از عوارض ژئومورفولوژیکی در مقابل حرکات تکتونیکی فعال بسیار حساس هستند و همزمان با آن‌ها تغییر می‌کنند (سمندر و روستایی، ۱۳۹۵). هر منطقه‌ای با توجه به شرایط خاص خود از سازندهای متنوع زمین‌شناسی تشکیل شده است که بر میزان نفوذپذیری آب، فرسایش، رسوب، الگوی هندسی رودخانه‌ها و ژئومورفولوژی حوضه‌های آبریز اثر می‌گذارد (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۱). بیاتی خطیبی (۱۳۸۸) به تحلیل نقش تغییرات ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها در طول دامنه‌ها در فرسایش‌پذیر شدن خاک‌های کوهستان‌ها (با تأکید بر فرسایش خندقی): دامنه‌های شمال‌غربی سبلان (از اهر تا مشکین‌شهر) پرداخت. کریمی و همکاران(۱۳۹۱) نقش مورفوتکتونیک در فرسایش و تغییرات نیمرخ طولی رودخانه‌ها با استفاده از توابع ریاضی را بررسی کردند. رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی تغییرات شکل هندسی رودخانه قزل‌اوزن پرداختند. در

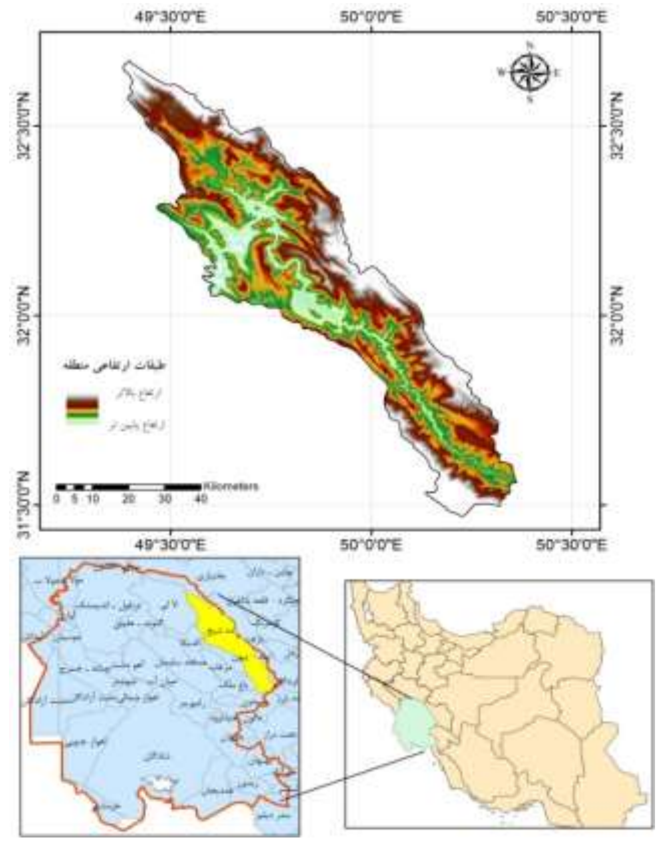
این تحقیق، بیشترین تأکید آن‌ها بر عوامل ژئومورفولوژیک و زمین‌شناسی منطقه بود. یمانی و شرفی (۱۳۹۱) به مطالعه ژئومورفولوژی و عوامل مؤثر در فرسایش کناری رودخانه هررود در استان لرستان پرداختند. پژوهشگران با استفاده از عکس هوایی سال ۱۳۳٤ و تصویر ماهواره‌ای IRS سال ۱۳۸٦ و آزمایش رسوباتی که در مسیر رودخانه قرار دارند نشان دادند تغییرات مورفولوژی و فرسایش کناری رودخانه از بالادست به طرف پایین‌دست کاهش یافته است. مومی‌پور (۱۳۹۵) به مطالعه نئوتکتونیک و فرسایش حوضه مارون با تکنیک ژئومورفومتری پرداخت. در این پژوهش با استفاده از مدل رقومی ارتفاع منطقه، نقشهٔ هم‌پایه و شاخص‌های نئوتکتونیک مطالعه انجام شد. یمانی و همکاران (۱۳۹۷) تکتونیک فعال در حوضه سمنان (جنوب سمنان) را با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک تحلیل کردند. زوولی و همکاران[1] (۲۰۰٤) دو گسل را از نظر ژئومورفولوژی تکتونیک مورد تحلیل قرار دادند، در این پژوهش از شاخص گرادیان طول جریان (SL)، سینوسیته جبهه کوهستان (Smf)، و نسبت عرض دره به ارتفاع (Vf) استفاده نمودند. دیونت و همکاران[2] (۲۰۰۵) میزان فرسایش خاک در مخازن سدها را در اسپانیا با روش‌های نیمه کمی مطالعه کردند و به این نتیجه رسیدند که این روش‌ها و به‌ویژه روش پسیاک، نتایج قابل قبولی ارائه می‌دهند. فرانکلی و پازاگی[3] (۲۰۰٦) با مقایسه شاخص‌های زمین‌ساختی در دو جبهه کوهستانی در منطقه توآس و سریا در نیومکزیکو را انجام دادند. ریبولین و سپاجنولی[4] (۲۰۰۷) ژئومتری شبکه زهکشی با توجه به تکتونیک در آلپ ایتالیا مطالعه کردند. راسکیزای رادیگر و همکاران[5] (۲۰۰۹) تحلیل‌های مورفوتکتونیک براساس DEM را برای حوضهٔ مرکزی پانونیان مجارستان انجام دادند و عوارض نئوتکتونیکی و فرسایش بادی و آبی را از هم تفکیک کردند. دورانتی و همکاران[6] (۲۰۱٤) آنالیز مورفوتکتونیک حوضه‌های زهکشی جنوب غربی کشور برزیل را با استفاده از شاخص گرادیان طول جریان (SL) و پروفیل طولی موردمطالعه قرار داند. هدف این پژوهش استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک (شاخص عدم تقارن حوضه (Af)، شاخص تقارن عرضی (T)، شاخص سینوسیته حوضه (S)، شاخص شکل حوضه (BS)، شاخص شیب طولی رودخانه (SL)، نسبت انشعاب (Rb)، عدد ناهمواری (Rn)، برجستگی نسبی حوضه (Bh)، پیچ‌وخم پیشانی کوهستانی (S_{mf})، تراکم زهکشی (Dd)، هیپسومتری)، رسم و تحلیل نقشه‌های فرسایش‌پذیری سازندها، خاک‌ها و کاربری اراضی برای آگاهی از رابطه فعالیت تکتونیکی با فرسایش خاک حوضه آبریز کارون (بالادست سد شهید عباسپور) است.

---

1 Zovoili et al
2 Devente et al
3 Frankel and Pazzaglia
4 Ribolin and Spagnolo
5 Ruszkiczay-Rudiger et al
6 Doranti et al

۲- منطقه موردمطالعه

حوضه آبخیز کارون ۱ یا حوضه آبخیز سد شهید عباسپور با مساحت ۳۲۹۸ کیلومترمربع در عـرض جغرافیـایی ۳۱ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی و ٤۹ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۵۰ درجـه و ۲۵ دقیقـه شـرقی قـرار دارد. این حوضه از چهار شاخه اصلی به نام‌های خرسان، آب‌ونک، آب‌کیار و بازفت تشکیل شده که هریک از ایـن شـاخه-ها از ارتفاعات مختلف از استان‌های چهارمحال بختیاری سرچشمه می‌گیرند و پـس از الحـاق، رود کـارون در جهـت جنوب شرقی- شمال غربی جریان یافته و پس از طی مسیر ۱٤۰ کیلومتر به محل سد شـهید عباسـپور مـی‌رسـد. ایـن منطقه از نظر زمین‌شناسی در زون زاگرس چین‌خورده قرار دارد و از واحدهای سـنگ‌شناسـی متنـوعی تشـکیل شـده است (فیض‌نیا و همکاران، ۱۳۸۷) (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت حوضه موردمطالعه در استان خوزستان (محدوده زردرنگ) و طبقات ارتفاعی آن در مدل رقومی ارتفاع. نام‌های روی نقشه استان، حوضه‌های اطراف منطقه موردمطالعه است.

۳- مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش در ابتدا منابع و یافته‌های علمی در زمینه موضوع پژوهش با بررسی‌های کتابخانه‌ای جمع‌آوری شده و از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰۰، نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ و نقشه DEM که دارای قدرت تفکیکی مکانی ۱۲/۵ متر است در این مطالعه استفاده شده است. برای محاسبه شاخص‌های ژئومورفیک، از برنامه جانبی TecDEM در نرم‌افزار Matlab و نرم‌افزار Arc GIS10.4 استفاده شده است. شاخص‌های ژئومورفیک به کار برده شده در این تحقیق شاخص عدم تقارن حوضه (Af)، شاخص تقارن عرضی (T)، شاخص سینوسیته حوضه (S)، شاخص شکل حوضه (BS)، شاخص شیب طولی رودخانه (SL)، پیچوخم پیشانی کوهستانی (S_{mf})، تراکم زهکشی (Dd) و هیپسومتری هستند.

۳-۱- شاخص عدم تقارن حوضه

شاخص عدم تقارن حوضه (Af)، برای تعیین کج شدگی تکتونیکی حوضه‌های زهکشی به کار می‌رود. مقادیر برابر ۵۰ نشان دهندهٔ عدم فعالیت تکتونیک، مقادیر بیش از ۵۰ نشانه عمل بالا آمدگی در سمت راست رودخانه و کمتر از ۵۰ نشانگر بالاآمدگی در سمت چپ آبراهه اصلی رودخانه است (گورابی و امامی، ۱۳۹٦). شاخص عدم تقارن حوضه (Af) براساس رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

$$Af = 100(\frac{Ar}{At}) \quad \text{رابطه (۱)}$$

Ar: مساحت سمت راست حوضه (دید به سمت پایین)، At مساحت کل حوضه (حمدونی و همکاران[1]، ۲۰۰۸).

۳-۲- شاخص تقارن عرضی (T)

مقدار این شاخص بین صفر و یک در تغییر است و هرچه عدد به یک نزدیک‌تر باشد عدم تقارن در حوضه بیشتر است و تکتونیک فعال است (کوکس[2]، ۱۹۹٤؛ کلر و پینتر[3]، ۱۹۹٦). شاخص تقارن عرضی (T) براساس رابطه (۲) محاسبه می‌گردد.

$$T = \frac{Da}{Dd} \quad \text{رابطه (۲)}$$

Da، فاصله رودخانه اصلی حوضه تا خط وسط حوضه Dd، فاصله مرز حوضه تا خط وسط حوضه (گورابی و امامی، ۱۳۹٦).

1 Hamdouni et al
2 Cox
3 Keller and Pinter

۳-۳- شاخص سینوسیته حوضه (S)

میزان سینوسیته حوضه با تغییر شیب بستر رودخانه بر اثر فعالیت‌های تکتونیکی، رابطه غیر مستقیم دارد یعنی با کاهش میزان سینوسیته فعالیت تکتونیک افزایش می‌یابد (گورابی و امامی، ۱۳۹۶، بهرامی و همکاران، ۱۳۹۴). پیتز (۱۹۸۶) برحسب میزان ضریب پیچشی ٤ نوع رودخانه را به شرح جدول (۱) تقسیم‌بندی نموده است (یمانی و همکاران، ۱۳۹۱). شاخص سینوسیته حوضه (S) براساس رابطه (۳) محاسبه می‌شود.

رابطه (۳)
$$S = \frac{\mathrm{C}}{\mathrm{V}}$$

C، طول رودخانه V، طول رودخانه به خط مستقیم

۳-٤- شاخص شکل حوضه (BS)

حوضه‌هایی با تکتونیک فعال، شکل کشیده‌ای دارند. شکل حوضه در طول زمان با توقف میزان بالا آمادگی و کاهش فعالیت، به‌تدریج دایره شکل می‌شود (بال و مک فادن[1]، ۱۹۷۷). حوضه‌هایی که با مقادیر بیشتر از ٤ از نظر تکتونیکی فعال هستند (محمود و همکاران[2]، ۲۰۱۲). زمانی که شاخص شکل حوضه بین ۳ تا ٤ باشد، حوضه‌ها از نظر فعالیت زمین‌ساختی نیمه فعال هستند. مقادیر کمتر از ۳، حوضه‌های دایره شکل را نشان می‌دهند که از نظر فعالیت، غیر فعال‌اند (حمدونی و همکاران، ۲۰۰۸). شاخص شکل حوضه (BS) براساس رابطه (٤) محاسبه می‌گردد.

رابطه (٤)
$$\mathrm{BS} = \frac{BI}{\mathrm{BW}}$$

BS: شاخص شکل حوضه؛ BI : اندازه طول حوضه از انتهایی‌ترین مقسم آب تا خروجی حوضه؛ Bw : پهنای حوضه در پهن‌ترین قسمت.

۳-۵- شاخص شیب طولی رودخانه (SL)

شاخص SL به تغییرات طولی رودخانه و شیب آبراهه حساس است و می‌تواند هرگونه بی‌نظمی را که در اثر فعالیت‌های تکتونیکی یا مقاومت سنگ در شیب طولی آبراهه ایجاد شده است نشان دهد. شاخص مذکور به قدرت رودخانه بستگی داشته و می‌تواند بیانگر حرکات تکتونیک فعال و جوان باشد. این شاخص بالا آمدگی منطقه را بر اثر فعالیت‌های تکتونیکی نمایان کند. میزان SL در مناطقی که حرکات تکتونیکی فعال در تغییر شکل زمین مؤثر باشند زیاد است (سمندر و روستایی، ۱۳۹۵). شاخص شیب طولی رودخانه (SL) براساس رابطه (۵) محاسبه می‌شود.

رابطه (۵)
$$SL = (\frac{\Delta H}{\Delta \mathrm{L}})L$$

1 Bull and Mcfadden
2 Mahmood et al

ΔH: اختلاف ارتفاع بین دو نقطه اندازه‌گیری شده (متر)، ΔL: طول مسیر اندازه‌گیری شده بین دو نقطه (متر)، L: طول رودخانه از وسط منطقهٔ اندازه‌گیری شده تا مرتفع‌ترین نقطه آبراهه در بالادست (متر) (سمندر و روستایی، ۱۳۹۵، به نقل از گارسیا و تورتوسا[1]، ۲۰۰۸).

۳-۶- شاخص پیچوخم پیشانی کوهستانی (S_{mf})

این شاخص انعکاس دهنده توازن بین نیروهای فرسایشی است که تمایل به ایجاد ساخت سینوسی دارند، درحالی‌که نیروهای زمین‌ساختی متمایل به ایجاد یک پیشانی مستقیم همراه با یک گسل فعال احاطه کننده آن است (خدابخش نژاد و همکاران،۱۳۹٤). پیچوخم پیشانی کوهستانی (S_{mf}) براساس رابطه (٦) محاسبه می‌شود.

$$\mathrm{Smf} = \frac{\mathrm{Lmf}}{\mathrm{Ls}}$$ رابطه (٦)

L_{mf}: طول پیشانی کوه در دامنه آن، یعنی جایی که دامنه کوه به دشت برخورد می‌کند. Ls : معادل طول خط مستقیم در بخش پیشانی کوه (خدابخش نژاد و همکاران،۱۳۹٤).

۳-۷- تراکم زهکشی (Dd)

تراکم زهکشی (Dd)، شاخصی از چگونگی تولید هرزآب و فرسایش در قسمت‌های مختلف است. هر چه تراکم زهکشی یک حوضه بیشتر باشد میزان فرسایش در حوضه بیشتر است. تراکم زهکشی بالا نتیجه مواد زیرسطحی ضعیف یا غیر قابل نفوذ و پوشش گیاهی تنک و ناهمواری کوهستانی و بافت زهکشی خاک ریزدانه است. مقدار کم این شاخص بیانگر خاک زیرین نفوذپذیری بسیار بالا، تراکم پوشش گیاهی زیاد و همواری منطقه است (قادری و فاضلی ثانی، ۱۳۹۵). جدول (۱) رابطه بین تراکم زهکشی و شدت فرسایش خاک را نشان می‌دهد (قاسمی آریان، ۱۳۸۲). تراکم زهکشی (Dd) براساس رابطه (۷) محاسبه می‌شود.

$$\mathrm{Dd} = \frac{\mathbf{\Sigma Li}}{\sqrt{\mathbf{A}}}$$ رابطه (۷)

جدول ۱- رابطه بین تراکم زهکشی و شدت فرسایش خاک (قاسمی آریان، ۱۳۸۲).

تراکم زهکشی	کلاس فرسایش خاک
۰-٤	فرسایش کم
٤-۸	فرسایش متوسط
۸-۱٦	فرسایش زیاد
>۱٦	فرسایش خیلی زیاد

1 Garsia and tortosa

۳-۸- هیپسومتری (Hi)

تحلیل‌های هیپسومتری، ابزاری مهم برای برآورد و مقایسه تکامل ژئومورفیک لندفرم‌های مختلف، بدون در نظر گرفتن عامل این تکامل است. همچنین انتگرال هیپسومتری میزان فرسایشی است که طی زمان زمین‌شناسی در حوضۀ معینی اتفاق افتاده است (مومی پور، ۱۳۹۵). مقادیر بالای انتگرال هیپسومتریک (۵۰٪) بیانگر توپوگرافی جوان و وجود پستی‌وبلندی زیاد نسبت به میانگین حوضه زهکشی است و با برش‌های عمیق، برجستگی‌های ناهموار، سطوح بالاآمده و بریده شده توسط شبکه زهکشی می‌شود و هر چه این رقم به صفر نزدیک باشد، گذر از مرحله از مرحله به پیری را هیپسومتریک و درجه بریدگی باعث شده تا از این شاخص به‌عنوان معیاری برای تشخیص چرخه فرسایشی چشم‌انداز استفاده شود (یمانی و علمیزاده، ۱۳۹۳). شاخص هیپسومتری براساس رابطه (۸) محاسبه می‌شود.

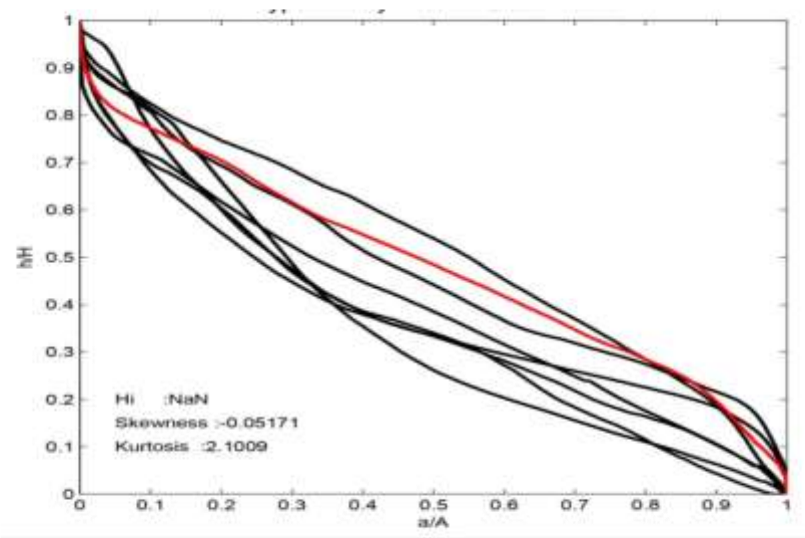
$$Hi= (Hmax-Hmin) / (h-Hmin) \qquad \text{رابطه (۸)}$$

Hi: انتگرال هیپسومتریک، Hmax حداکثر ارتفاع، Hmin حداقل ارتفاع، h میانگین ارتفاع حوضه (یمانی و علمی-زاده، ۱۳۹۳).

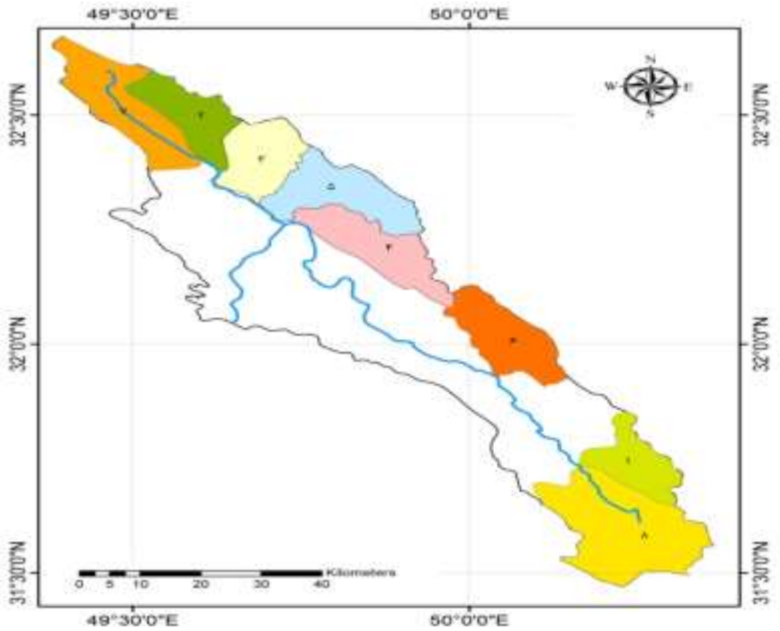
٤- نتایج و بحث

حرکات زمین‌ساختی مهم‌ترین عامل تغییر شکل ناهمواری و فرسایش می‌باشند که بر اساس نتایج شاخص عدم تقارن حوضه (Af) (۲۷/۲۱)، بستر حوضه از حالت پایدار خارج شده و دارای کج‌شدگی است. در این میان، شاخص سینوسیته حوضه (S) (۱/۷۱)، حوضه موردمطالعه در گروه رودخانه پیچانرودی قرار دارد. همچنین شاخص شکل حوضه (BS) (۳/۷٤)، حوضه از لحاظ تکتونیکی نیمه فعال است. با رتبه‌بندی حوضه به روش استرالر حوضه در ردۀ ٦ قرار دارد و مقادیر نسبت انشعاب حوضه (Rb) (٤/۲٦٤) بیانگر این‌که حوضه معمولی است.

محاسبات شاخص عدد ناهمواری (Rn) (۹۲۳/۱۳٦)، نشان می‌دهد سازندهای سخت (آسماری، بختیاری و فهلیان- داریان) که متشکل از آهک سخت می‌باشند فرسایش محدودی را برای حوضه ایجاد گردیدند. در مقابل، سازندهای فرسایش پذیر (آغاجاری، گچساران، کژدمی، میشان، پابده و گورپی) که با خصوصیات لیتولوژی مارن، شیل، انیدریت، نمک، لایه‌های آهکی و ماسه سنگ نقاط مستعد برای فرسایش‌پذیری حوضه ایجاد می‌کنند. بر روی بیشتر سازندهای فرسایش‌پذیر خاک‌های نارس اینسپی‌سول و رخنمون سنگی اینسپی‌سول قرار دارند. فرسایش سازندها و فعالیت تکتونیکی نقش مؤثری در تضعیف این نوع خاک‌ها می‌باشند. رده‌های پایین بیشتر بر روی سازندهای فرسایش‌پذیر قرار دارند و رده‌های بالاتر بیشتر در سازندهای سخت جاری‌اند. محل تلاقی آبراهه ردۀ ٦ به سد عباسپور بر روی سازندهای با فرسایش کم و خاک اینسپی‌سول و تا حدودی رخنمون سنگی اینسپی‌سول است.



شکل ۲- هیپسومتری زیر حوضه‌ها

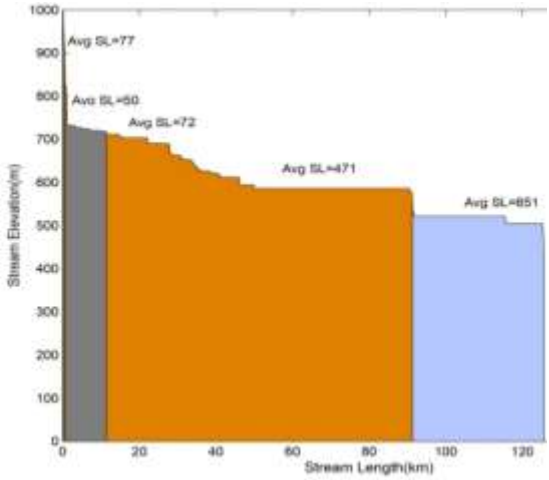


شکل ۳- زیر حوضه‌های موردمطالعه هیپسومتری

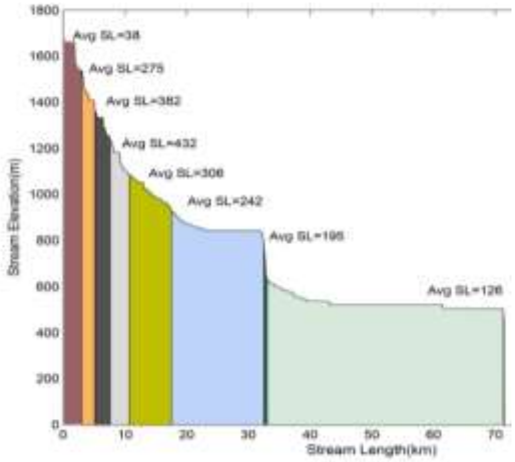
مقادیر برجستگی نسبی حوضه (Bh) (۲٤۰٤)، نشان از اینکه حوضه متأثر از فعالیت زمین‌ساختی است. بعلاوه محاسبات شاخص انتگرال هیپسومتری (۰/٤) حوضه را در مرحلهٔ جوانی نشان می‌دهد که دارای تراکم زهکشی (Dd) (۰/۳۸٤)، کم و پوشش گیاهی زیاد است؛ اما در قسمت کمی از شمال‌غرب منطقه موردمطالعه خاک و پوشش گیاهی متراکم تضعیف و تخریب شده‌اند و هزاردره را به وجود آورده‌اند. در این قسمت حوضه با سست شدن

خاک‌ها، تغییرات مهمی در مقاومت، طبیعت و ترکیب خاک‌ها به وجود آمده است. به علت از دست رفتن پیوستگی ذرات خاک به‌تدریج شیارهای متراکمی در سنگ‌های سست زیربنا حوضه موردمطالعه مشاهده می‌شود.

همچنین کم‌ترین آبراهه‌ها بر روی خاک‌های بدلند جاری‌اند و بیشترین آبراهه‌های بر روی خاک‌های رخنمون سنگی اینسپتی سول قرار دارند. در این میان خاک اینسپتی‌سول تمام رده‌ها آبراهه‌ها در آن جریان دارند. فعالیت تکتونیک نقش مهمی در تشکیل این آبراهه‌ها بر روی این نوع خاک‌ها دارد. علاوه بر فعالیت تکتونیک و فرسایش سازندها جریان آبراهه‌ها بر روی این خاک‌ها باعث تضعیف و فرسایش خاک می‌شود. با توجه به جدول ۱ خاک حوضه موردمطالعه در کلاس فرسایش کم قرار دارد.



شکل ٤- نیمرخ توپوگرافی به همراه مقادیر SL آبراهه جنوب حوضه



شکل ۵- نیمرخ توپوگرافی به همراه مقادیر SL آبراهه شمال حوضه

بررسی رابطهٔ فعالیت‌های تکتونیکی و ارتباط آن با شکل‌گیری لندفرم‌های زمین، مبحث مهمی در مطالعات ژئومورفولوژیکی است (مومی‌پور، ۱۳۹۵). با توجه به نتایج شاخص عدم تقارن حوضه (Af) (۲۷/۲۱)، حوضه دارای فعالیت تکتونیکی است و این عامل باعث بالاآمدگی در سمت چپ آبراهه اصلی رودخانه شده است که با یافته‌های بهرامی و همکاران، (۱۳۹۱) همخوانی دارد. براساس یافته‌های این شاخص گسل‌های اطراف این حوضه باعث تغییر مسیر رودخانه شده و کج شدگی حوضه درنتیجه فعالیت زمین‌ساختی است. همچنین شاخص پیچناکی حوضه (S) (۱/۷۱)، رودخانه حالت پیچانرودی دارد، پیچ‌وخم رودخانه، حوضه را به حالت تعادل نزدیک می‌کند که با یافته‌های یمانی و همکاران (۱۳۹۷) مطابقت دارد. در این میان شاخص شکل حوضه (BS) (۳/۷٤)، حوضه کشیده و فعالیت تکتویک در سطح متوسط قرار دارد که با یافته‌های کرمی و همکاران (۱۳۹۷)، داودی و همکاران (۱۳۹٤) مطابقت دارد. نتایج مقادیر نسبت انشعاب (Rb) (٤/٢٦٤) نشان می‌دهد حوضه معمولی است. شبکه حوضه دارای آشفتگی

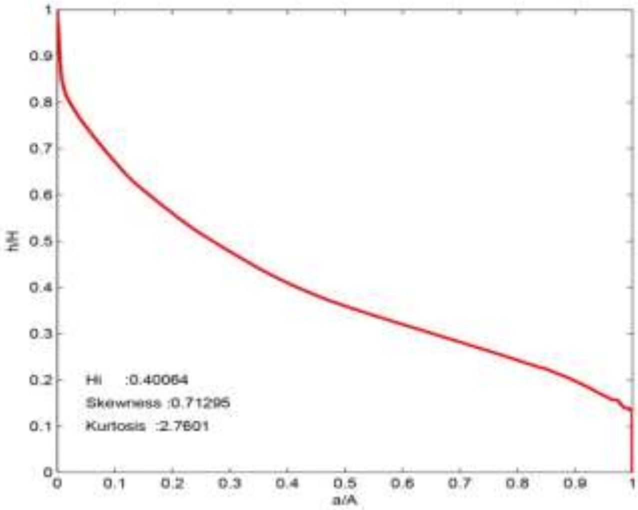
ساختمانی متوسطی است و هیدروگراف در نقطه خروجی قاعده پهن و در نقطه اوج کوتاه است، که بـا نتـایج معـاوی و علمی زاده (۱۳۹۸)، قادری و فاضلی‌ثانی (۱۳۹۵) همخوانی دارد.

نتایج محاسبات شاخص عدد ناهمواری (Rn) (۹۲۳/۱۳٦)، برجسـتگی نسـبی حوضـه (Bh) (۲٤۰٤) و شـاخص انتگرال هیپسومتری (Hi)، (۰/۵)، بیانگر اینکه حوضـه از لحـاظ سـاختاری دارای پیچیـدگی و بالاآمـدگی‌هـا درنتیجـه فعالیت زمین‌ساختی است. برجستگی سطح حوضـه نقـش مهمـی در نـوع خـاک دارد. همچنـین حوضـه از ویژگـی توپوگرافی جوان و وجود پستی‌وبلندی زیاد نسبت به میانگین حوضه زهکشی برخوردار است که با برش‌هـای عمیـق، برجستگی‌های ناهموار، سطوح بالا آمده و بریده شده توسط شبکه زهکشی ایجاد شده است. همچنین کم‌تـرین سـطح فرسایش‌پذیری حوضه به ترتیب در شمال شرق، شمال و شرق حوضه و بیشترین نقاط فرسـایش‌پـذیری حوضـه بـه ترتیب در مرکز و جنوب شرق حوضـه قـرار دارنـد. محـدودهٔ موردمطالعـه بـا تـراکم زهکشـی (Dd) (۰/۳۸٤) کـم، نفوذپذیری بالا همراه با تراکم پوشش گیاهی زیاد برخوردار است.

با توجه به نمودار SL (شکل‌های ٤ و ۵) می‌تـوان نتیجـه گرفـت حوضـه موردمطالعـه در زمـان جریـان بـر روی سازندهای نرم و فرسایش‌پذیر نظیر گورپی، پابده، آغاجاری، گچساران و میشان پهن شـده و بـا شـدت‌جریان کمتـری جاری می‌گردد. در این حالت فرسایش در مسیر رودخانه کم‌تر بـوده، امـا فرسـایش کنـاره‌ای غالـب اسـت بیشـترین فرسایش کنار رودخانه‌ای در مرکز و جنوب شرق حوضه است. در این قسـمت‌هـای حوضـه یـک تمایـل همیشـگی برای تغییر پیوسته موقعیت رودخانه از طریق فعالیت‌هـای تکتونیـک، فرسـایش سـازندها، فرسـایش خـاک و تشـکیل مجدد دیواره‌های ساحلی یا کناره‌ها مشاهده می‌شـود. تغییـر الگـوی هندسـی رودخانـه، ناپایـداری بسـتر و فرسـایش ساحلی رودخانه نه‌تنها موجب خسارت به اراضی مستعد کشاورزی و تأسیسات مجاور سـاحل رودخانـه شـده بلکـه رسوبات حاصل از فرسایش موجب کاهش گنجایش مفید سد شهید عباسپور شده و شرایط هیـدرولوژیکی جریـان را مختل می‌نماید. به‌گونه‌ای که فرسایش کنار رودخانه‌ای در مسـیر اصـلی حوضـه بـه چشـم مـی‌خـورد. در ایـن نـوع فرسایش جریان آب، به‌ویژه آب‌های گل‌آلود حاوی دانه‌های ریگ، شن و غیـره، موجـب سـایش و شسـته شـدن دو طرف بستر و حمل مواد بیش‌تر با خود می‌شوند. با این عمل، زمین‌های دیواره بستر استحکام خـود را از دسـت داده و به‌تدریج فرو می‌ریزد و با افزایش مواد خاکی در آب، وزن مخصوص آن بیشتر و قدرت تخریب آن زیادتر مـی‌شـود و باعث سست و ضعیف شدن خاک می‌گردد. در شمال شرق، شمال و شرق حوضه مسیر رودخانـه در هنگـام عبـور از سازندهای مقاوم نظیر آسماری، فهلیان– داریان و بختیاری به دلیل مقاوم بـودن در برابـر فعالیـت تکتـونیکی و افـزایش دبی در این سازندها میزان فرسایش کف به بیشترین میزان خود می‌رسد و فرسایش کناره‌ای تا حـدودی کـاهش مـی-یابد. در این قسمت حوضه موقعیت و ابعاد رودخانه تقریباً ثابت است.

نتیجه‌گیری که از شکل ٦ حاصل می‌شود حکایت از تعادل هیپسومتریک حوضـه دارد. در حوضـه ۸ زیـر حوضـه نیز جدا شده و نمودار هیپسومتری آنان در شکل ۲ نمایش داده شده است. همان‌طور کـه در شـکل ۲ دیـده مـی‌شـود

مقادیر هیپسومتری و نمودار این حوضه‌ها با هم بسیار متفاوت است که نشان از شـرایط نـاهمگون درون حوضـه دارد. زیر حوضه‌های در مرحله جوانی، بلوغ و پیری در درون حوضه وجود دارند.



شکل ٦- نمودار هیپسومتری منطقه موردمطالعه

۵- جمع‌بندی

به‌طورکلی، با توجه به نتایج محاسبات رابطه‌هـای ۱ تـا ۷ و شـکل‌هـای ۲ تـا ٦ مـی‌تـوان نتیجـه گرفـت سـیمای توپوگرافیک و ژئومورفیک حوضه موردمطالعه بیشتر از فعالیت‌های تکتونیک متأثر است به‌گونه‌ای که قرار گـرفتن ایـن حوضه در زون زاگرس باعث تسلط فعالیت زمین‌ساختی گردیـده اسـت. نتیجـهٔ آن تنـوع واحـدهای سـنگ‌شناسـی، توپوگرافی جوان، وجود پستی‌وبلندی زیاد و کج شدگی حوضه است. پیچ‌وخم رودخانه، حوضه را بـه حالـت تعـادل نزدیک می‌کند. فعالیت تکتویک در سطح متوسط قرار دارد و همچنـین رابطـهٔ مسـتقیم فعالیـت تکتونیـک حوضـه بـا فرسایش سازندها و خاک‌ها برقرار است. فعالیت‌های تکتونیکی در سازندهای فرسایش‌پذیر باعث نرم و سسـت شـدن سازندها و فرسایش کناره‌ای گشته و درنتیجه خاک‌ها ضـعیف و فرسـایش مـی‌یابنـد و در سـازندهای مقـاوم فعالیـت زمین‌ساختی کم اثر گذاشته و خاک‌ها تقریباً مقاومت خود را دارند. همچنین پوشش گیاهی فراوان و فرسایش کـف بـر حوضه مسلط است. به‌علاوه تشکیل آبراهه‌ها اغلب مربوط به فعالیت زمین‌ساختی اسـت. لـذا مسـیر آبراهـه‌هـا تقریبـاً نامنظم است. آبراهه‌های فرعی نیز اغلب تحت زاویه حاده‌ای به جریان اصلی وارد می‌شوند. تراکم زهکشـی آبراهـه‌هـا پایین و مواد خاک زیرین بسیار نفوذپذیر که تحت پوشش‌گیاهی متراکم و بافت زهکشی درشـت‌دانه اسـت. خـاک‌هـا کم‌عمق و از زهکشی مناسبی برخوردارند. شدت فرسایش خاک‌ها در منطقه موردمطالعه کم است.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از نتایج طرح تحقیقاتی داخلی شماره ۱۷۳ مصوب سال ۱۳۹۸ از محل اعتبارات ویژه پژوهشی دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر است.

کتابنامه

بهرامی، شهرام؛ معتمدی راد، محمد؛ اکبری، الهه؛ ۱۳۹۲. بررسی تأثیر تکتونیک در ویژگی‌های کمی شبکه زهکشی (مطالعه‌موردی: چهارحوضه زهکشی در شمال‌شرق کشور). *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*. دوره ۳. شماره ۱۲. صص. ۱۰۲-۸۵

http://journals.hsu.ac.ir/jarhs/article-1-295-fa.html

بیاتی خطیبی، مریم؛ ۱۳۸۸. نقش تغییرات ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها در طول دامنه‌ها در فرسایش‌پذیر شدن خاک‌های کوهستان‌ها (با تأکید بر فرسایش خندقی): دامنه‌های شمال‌غربی سبلان (از اهر تا مشکین‌شهر). *فصلنامه مدرس علوم انسانی*. دوره ۱٤. شماره ۱. صص ٥٦-۳۳.

http://hsmsp.modares.ac.ir/article-21-9350-fa.html

خدابخش نژاد، آذر؛ پورکرمانی، محسن؛ آرین، مهران؛ متکان، علی‌اکبر؛ چرچی، عباس؛ ۱۳۹٤. زمین‌ساخت فعال حوضه رودخانه کارون بزرگ. علوم زمین. سال ۲٤. شماره ۹۵. صص ۲۸-۱۳.

https://dx.doi.org/10.22071/gsj.2015.41779

داودی، الهام؛ داودیان دهکردی، علیرضا؛ شبانیان بروجنی، ناهید؛ ۱۳۹٤. بررسی خصوصیات ریخت‌سنجی حوضه رودخانه زاینده‌رود تا پل زمانخان. مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته. شماره ۱٦. صص ۷۲-٦۰.

https://dx.doi.org/10.22055/aag.2015.11527

رامشت، محمدحسین؛ آرا، هایده؛ شایان، سیاوش؛ یمانی، مجتبی؛ ۱۳۹۱. ارزیابی دقت و صحت شاخص‌های ژئومورفولوژیکی با استفاده از داده‌های ژئودینامیکی، (مطالعه موردی: حوضه آبریز جاجرود در شمال شرق تهران). *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*. سال ۲۳. پیاپی ٤٦. شماره ۲. صص ۳۵-٥۲

https://dorl.net/dor/20.1001.1.20085362.1391.23.2.3.3

رجبی، معصومه؛ کرمی، فریبا؛ انصاری، مریم؛ ۱۳۹٤. تحلیل فعّالیّت نئوتکتونیکی در حوضه آبریز قلعه‌چای. فصلنامه جغرافیای طبیعی. سال هشتم. شماره ۳. زمستان ۱۳۹٤. صص ۱٤-۱.

https://dorl.net/dor/20.1001.1.20085656.1394.8.30.1.4

رجبی، معصومه؛ کرمی، فریبا؛ انصاری، مریم؛ ۱۳۹٤. تحلیل فعّالیّت نئوتکتونیکی در حوضه آبریز قلعه‌چای. فصلنامه جغرافیای طبیعی. سال هشتم. شماره ۳. زمستان ۱۳۹٤. صص ۱٤-۱.

https://dorl.net/dor/20.1001.1.20085656.1394.8.30.1.4

سمندر، نسرین؛ روستایی، شهرام؛ ۱۳۹۵. بررسی تکتونیک فعال حوضهٔ اسکوچای با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و شواهد ژئومورفولوژیکی. *مجله مخاطرات محیط طبیعی*. سال پنجم. شماره ۹. پاییز ۱۳۹۵. صص ۵۵-۷٦

https://dx.doi.org/10.22111/jneh.2016.2907

علمی زاده، هیوا؛ معاوی، مهشید؛ ۱۳۹۹. تحلیل فرم و الگوی شبکه زهکشی حوضه رامهرمز با استفاده از مدل رده-آرایه‌ای. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*. سال نهم. شماره ۱. صص ۱۸۳-۱۷۲.
https://doi.org/10.22034/GMPJ.2020.109541

فیض‌نیا، سادات؛ نصری، مسعود؛ نجفی، علی؛ نخکوب، حسن؛ ۱۳۸۷. نقش رسوب‌زایی سازندهای زمین‌شناسی و تعیین سهم استانی حوزه آبخیز سد شهید عباسپور (حوزه آبخیز کارون۱). *فصلنامۀ علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران*. جلد ۱۵. شماره ٤. ص ٤۳٥-٤۲۳.
https://ijrdr.areeo.ac.ir/article_104394.html

قادری، کمال؛ فاضلی‌ثانی، ایمان؛ ۱۳۹٤. آنالیز کمی پارامترهای مورفومتری حوضه آبخیز (مطالعه موردی: منجیر مازندران). چهارمین کنگره بین‌المللی عمران. *معماری و توسعه شهری* ۱٦-۱.

قاسمی آریان، علیرضا؛ ۱۳۸۲. *کارتوگرافی در منابع طبیعی با کاربرد در منابع طرح*. انتشارات پژوهش توس.

کرمی، فریبا؛ رجبی، معصومه؛ اباذری، کلثوم؛ ۱۳۹۷. تحلیل ناهنجاری‌های شبکه زهکشی و ارتباط آن با تکتونیک فعال در حوضه‌های آبریز شمال تبریز. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*. سال هفتم. شماره۱. تابستان ۱۳۹۷. صص٤۷-۳۷.
https://dorl.net/dor/20.1001.1.22519424.1397.7.1.3.7

کریمی، بهروز؛ شرفی، سیامک؛ مقصودی، مهران؛ کریمی، سمیه؛ سلطانی، شکور؛ ۱۳۹۱. بررسی نقش مورفوتکتونیک در فرسایش و تغییرات نیمرخ طولی رودخانه‌ها با استفاده از توابع ریاضی (مطالعه موردی: رودخانه الوند در استان کرمانشاه). فصلنامه علمی-پژوهشی. *پژوهش‌های فرسایش محیطی*. سال دوم. شماره٦. صص۸۹-۷۳.
http://dorl.net/dor/20.1001.1.22517812.1391.2.2.6.3

گورابی، ابوالقاسم؛ امامی، کامیار؛ ۱۳۹٦. تأثیرات نوزمین‌ساخت بر تغییرات مورفولوژیک حوضه‌های زهکشی سواحل مکران. جنوب شرق ایران. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*. سال ششم. شماره۱. صص ۸۹-۷٤.

مددی، عقیل؛ نیک پور، شهرام؛ ۱۳۹۱. برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب در حوضۀ آبخیز رودخانۀ زال با استفاده از روش‌های پسیاک، پسیاک اصلاح شده و GIS. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*. سال دوم. شماره ۱. صص ۱۳۳-۱٥٤.
https://dorl.net/dor/20.1001.1.22519424.1392.2.1.9.8

معاوی، مهشید؛ علمی‌زاده، هیوا؛ ۱۳۹۸. تحلیل بعد فرکتال نسبت انشعاب در ارتباط با هیدرمورفومتری حوضه رامهرمز. کنفرانس ملی صنعت. تجارت و علوم دریایی. دی ماه ۱۳۹۸. دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر.

مقصودی، مهران؛ زمان زاده، سید محمد؛ یمانی، مجتبی؛ حاجی‌زاده، عبدالحسین؛ ۱۳۹٦. ارزیابی تغییرات الگوی پیچان رودی رودخانه مارون و تحلیل هیدروژئومورفولوژی منطقه مطالعه موردی: رودخانه مارون (از سرچشمه تا ورودی آن به رودخانه جراحی). *فصل‌نامه جغرافیای طبیعی*. سال دهم. شماره ۳٥.
https://dorl.net/dor/20.1001.1.20085656.1396.10.35.1.8

مومی پور، مهدی؛ ۱۳۹٥. مطالعه نئوتکتونیک و فرسایش حوضه مارون با تکنیک ژئومورفومتری. پژوهش‌های فرسایش محیطی. ۳:٦(۲۳). صص ٥۱-۳۳.
http://dorl.net/dor/20.1001.1.22517812.1395.6.3.3.0

مومنی پور، مهدی؛ ۱۳۹۵. مطالعه نئوتکتونیک و فرسایش حوضه مارون با تکنیک ژئومورفومتری. پژوهش‌های فرسایش محیطی. ۳:۶(۲۳). صص ۵۱-۳۳.

http://magazine.hormozgan.ac.ir/article-1-336-fa.html

یمانی، مجتبی؛ شرفی، سیامک؛ ۱۳۹۰. ژئومورفولوژی و عوامل مؤثر در فرسایش کناری رودخانه هررود در استان لرستان. مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. سال ۲۳. پیاپی ٤٥. شماره ۱. بهار ۱۳۹۱. صص ۳۲-۱۵.

https://journals.ui.ac.ir/article_18528_0.html

یمانی، مجتبی؛ علمی زاده، هیوا؛ ۱۳۹۳. تأثیر نوزمین‌ساخت در مورفولوژی شبکه زهکشی حوضه آبخیزنچی با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و مورفومتریک. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*. سال ۲۹. شماره اول. شماره پیاپی ۱۱۲. صص ۲۲-۹.

https://journals.ui.ac.ir/article_18024.html

Bull, W.B., McFadden, L.D., 1977. tectonic geomorphology north and south of the GarlockFault, California, in Doehring, D.O. (Ed), Geomorphology in Arid regions, Proceeding of 8th Annual Geomorphology Symposium, State University of New York, Binghamton, pp. 115-138.

Cox, R.T., 1994. Analysis of drainage-basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt block tectonics: An example from the Mississippi embayment, Geological Society of America Bulletin, 106: 571-581. https://doi.org/10.1130/0016-7606(1994)106<0571:AODBSA>2.3.CO;2

Devente, J., Poesen, J., Verstraeten, G., 2005. The application of semi-quantitative methods and reservoir sedimentation rates for the prediction of basin sediment yield in Spain, Journal of Hydrology, Vol. 305, pp. 63-86. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.08.030

Doranti-Tiritan, C., Christian Hackspacher, P., Henrique de Souza, D., Siqueira-Ribeiro, C., 2014. The Use of the Stream Length-Gradient index in morphotectonic analysis of drainage basins in Poços de Caldas Plateau, SE Brazil, International Journal of Geosciences, vol. 5, pp. 1383-1394. http://dx.doi.org/10.4236/ijg.2014.511112

Frankel. K.L., Pazzaglia. F.J., 2006. Mountain Fronts, Base-level fall, and Landscevolution, insights from the southern Rocky Mountains, Geological Society of America Bulletin, pp. 419-439. https://doi.org/10.1130/2006.2398(26)

Garsia-tortosa, F.J., Alfaro, P., Galindo-Zaldivar, J., Gilbert, Lopez- Garrido A.C., Sanz de Galdeano. C., Urena, M., 2008. Geomorphologic evidence of the active Baza Fault (Betic Cordillera, South Spain), Geomorphology, vol. 97, pp 374-391. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.08.007

Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacon, J., Keller, E.A., 2007. Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (southern Spain).Geomorphology. Vol. 96, pp. 150-173. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.08.004

Keller, E.A., Pinter, N., 2002. Active Tectonics: Earthquakes, Uplift and Landscape", Prentice Hall, New Jersey, 362 p.

Al-Taj, M., Shakour, F., Atallah, M., 2007. Morphotectonic indices of the Dead Sea transform, Jordan, Geogrfia Fisisca Dinamica Quaternaria, vol 30, pp. 5-11.

Petts, G.E. et al. 1986. Historical Changes in Large Alluvial River, John Wiley & Sons, USA.

Ribolin, A. and Spagnolo, M., 2007. Drainage network geometry versus tectonics in the Argentera Massif (French-Italian Alps). Geomorphology, vol. 93, pp. 253–266. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.02.016

RuszkiczayRüdiger, Z., Fodor,L., Horváth, E., Telbisz, T., 2009. Discrimination of fluvial, Aeolian and neotectonic features in a low hilly landscape: A DEM-based morphotectonic analysis in the Central Pannonian Basin, Hungary, Geomorphology, vol. 104, pp. 203 - 217. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.08.014

Zovoili E., Konstantinidi E., Koukouvelas I.K., 2004. Tectonic Geomorphology of escarpments: The case of Komptades and Nea Anchelos faults, Bulletin ofthe Geological Society of Greece vol. XXXVI, Proceedings of the 10th International Congress, Thessaloniki, April 2004.